

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

EP00/6772

**PRIORITY
DOCUMENT**SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

REC'D 06 SEP 2000

WIPO PCT

Bescheinigung

E.J.U.

Die Dr. Johannes HEIDENHAIN GmbH in Traunreut/Deutschland hat eine Patentanmeldung unter der Bezeichnung

"Reflexions-Maßverkörperung und Verfahren zur Herstellung einer Reflexions-Maßverkörperung"

am 5. August 1999 beim Deutschen Patent- und Markenamt eingereicht.

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

Die Anmeldung hat im Deutschen Patent- und Markenamt vorläufig die Symbole G 01 B und G 01 D der Internationalen Patentklassifikation erhalten.

München, den 18. April 2000

Deutsches Patent- und Markenamt

Der Präsident

Im Auftrag

Brand



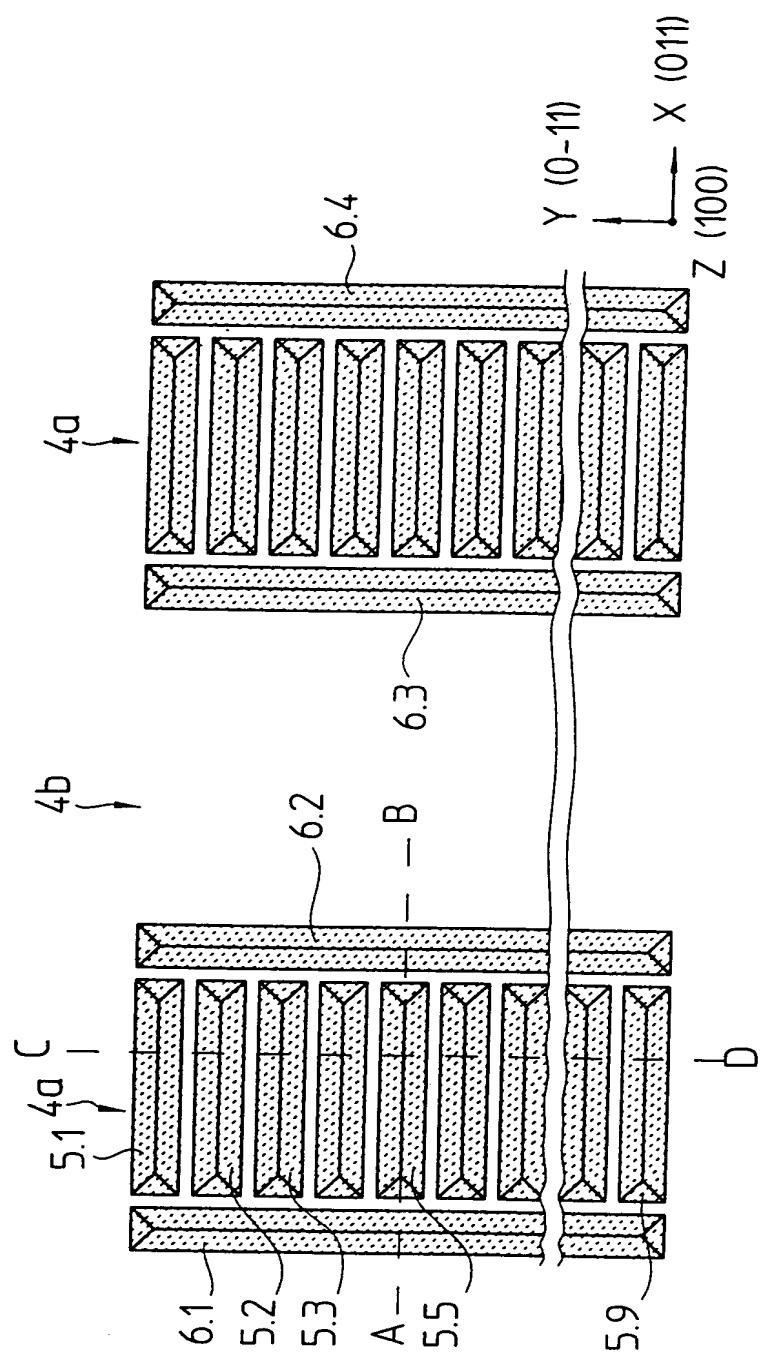
Aktenzeichen: 199 37 023.0

Zusammenfassung

**Reflexions-Maßverkörperung und Verfahren zur Herstellung einer
Reflexions-Maßverkörperung**

=====

Es wird eine Reflexions-Maßverkörperung sowie ein Verfahren zur Herstellung einer Reflexions-Maßverkörperung angegeben. Diese besteht aus ersten und zweiten Teilbereichen mit unterschiedlichen optischen Reflexions-eigenschaften, die sich in einer ersten Richtung auf einem Silizium-Substrat erstrecken. Die geringer reflektierenden ersten Teilbereiche bestehen aus mehreren schrägen Flächen, die derart angeordnet sind, daß keine Retro-reflexion von darauf einfallenden Lichtstrahlen resultiert. Die schrägen Flächen sind etwa als mehrere benachbarte V-Rillen ausgebildet, welche in einer zweiten Richtung angeordnet sind, die senkrecht zur ersten Richtung orientiert ist; alternativ ist die Ausbildung einer tiefgeätzten Pyramidenstruktur in den ersten Teilbereichen möglich (Figur 2).



Reflexions-Maßverkörperung und Verfahren zur Herstellung einer
Reflexions-Maßverkörperung

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Reflexions-Maßverkörperung sowie ein Verfahren zur Herstellung einer Reflexions-Maßverkörperung.

Optische Auflicht-Positionsmeßeinrichtungen umfassen üblicherweise eine Reflexions-Maßverkörperung sowie eine relativ hierzu bewegliche Abtasteinheit. Auf Seiten der Abtasteinheit ist in der Regel eine Lichtquelle angeordnet, die ein Lichtbündel in Richtung der Reflexions-Maßverkörperung emittiert. Von dort erfolgt eine Rückreflexion in Richtung der Abtasteinheit, wo das verschiebungsabhängig modulierte Lichtbündel ggf. durch ein oder mehrere Abtastteilungsstrukturen tritt und schließlich von einer optoelektronischen Detektoranordnung erfaßt wird. Die derart erzeugten, verschiebungsabhängig modulierten Signale werden dann über eine nachgeordnete Auswerteeinheit weiterverarbeitet.

Bekannte Reflexions-Maßverkörperungen derartiger Systeme bestehen in der Regel aus einem Substratmaterial, auf dem alternierend Teilbereiche mit unterschiedlichen optischen Eigenschaften angeordnet sind. Die Anordnung

der verschiedenen Teilbereiche erstreckt sich hierbei im Fall einer Inkrementalteilung in der Meßrichtung. Beispielsweise kann auf einem Glas-Substrat vorgesehen werden, Teilbereiche mit hoher und geringer Reflektivität auszubilden. Alternativ wird als Substratmaterial auch Stahl verwendet, auf dem dann ebenfalls Teilbereiche mit hoher und geringer Reflektivität ausgebildet werden. Die Teilbereiche hoher Reflektivität können hierbei aus Gold bestehen, während in den geringer reflektierenden Teilbereichen die Stahloberfläche mattgeädtzt wird, so daß das dort auftreffende Licht absorbiert oder diffus reflektiert wird.

10

An derartige Maßverkörperungen werden eine Reihe von Anforderungen gestellt. In diesem Zusammenhang sind eine möglichst hohe Abriebfestigkeit, eine hohe thermische Beständigkeit, ein definiertes thermisches Verhalten sowie eine gute Langzeitstabilität aufzuführen. Die oben erwähnten, 15 bekannten Maßverkörperungen auf Glas- und Stahlsubstraten gewährleisten dies jedoch nur teilweise.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, eine Reflexions-Maßverkörperung sowie ein Verfahren zur Herstellung derselben anzugeben, um 20 den oben aufgeführten Anforderungen möglichst weitgehend zu entsprechen.

Diese Aufgabe wird gelöst durch eine Reflexions-Maßverkörperung mit den Merkmalen des Anspruches 1.

25

Vorteilhafte Ausführungsformen der erfindungsgemäßen Reflexions-Maßverkörperung ergeben sich aus den Maßnahmen, die in den von Anspruch 1 abhängigen Patentansprüchen aufgeführt sind.

Zur Lösung der vorliegenden Aufgabe dient ferner ein Verfahren zur Herstellung einer Reflexions-Maßverkörperung mit den Merkmalen des Anspruches 10.

30

Vorteilhafte Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Verfahrens sind in den von Anspruch 10 abhängigen Patentansprüchen aufgeführt.

Erfindungsgemäß wird nunmehr vorgesehen, ein Silizium-Substrat einzusetzen und darauf die Teilbereiche unterschiedlicher Reflektivität geeignet auszubilden. Vorzugsweise wird einkristallines c-Silizium verwendet. Die Teilbereiche geringer Reflektivität umfassen hierbei jeweils mehrere schräge Flächen, die durch Tiefätzen des Silizium-Substrates entlang unterschiedlicher Kristallrichtungen erzeugt werden und welche derart angeordnet sind, daß keine Retroreflexion von darauf einfallenden Lichtstrahlen resultiert.

In einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung bestehen die schrägen Flächen aus V-Rillen, die sich senkrecht oder parallel zu derjenigen Richtung erstrecken, in der die Teilbereiche mit verschiedenen Reflexionseigenschaften angeordnet sind. Als Teilbereiche mit hoher Reflektivität können die nicht weiter behandelten Teilbereiche der Silizium-Substrat-Oberfläche dienen; ggf. ist auch eine Beschichtung dieser Teilbereiche mit geeignetem Material möglich.

Alternativ können die schrägen Flächen in den geringer reflektierenden Teilbereichen auch als tiefgeätzte Pyramidenstruktur ausgebildet werden, d.h. es existieren demzufolge verschiedene Möglichkeiten die erforderlichen schrägen Flächen mit den entsprechenden optischen Wirkungen auszubilden. Diese Variante eignet sich insbesondere für Maßverkörperungen mit größeren Teilungsperioden.

Eine derartige Maßverkörperung weist eine Reihe von Vorteilen auf. So ist in diesem Zusammenhang zunächst die hohe Abriebfestigkeit sowie die sehr hohe mechanische Beständigkeit der Maßverkörperungs-Oberfläche aufzuführen. Das vorzugsweise einkristalline Silizium-Substrat ist desweiteren strukturell stabil und verändert sich nicht mehr, d.h. es resultieren keine unerwünschten Diffusionsprozesse. Ferner besitzt Silizium ein definiertes thermisches Ausdehnungsverhalten, was insbesondere für Hochpräzisionsanwendungen von Bedeutung ist. Besonders vorteilhaft ist etwa der Ein-

- satz der erfindungsgemäßen Maßverkörperung in der Halbleiterindustrie, da dann das jeweilige Positionsmeßsystem eine Maßverkörperung umfaßt, die den gleichen thermischen Ausdehnungskoeffizienten aufweist wie das zu prozessierende Halbleitermaterial. Ferner ist aufzuführen, daß Silizium als
- 5 Substratmaterial relativ günstig in definiertem Zustand verfügbar ist, d.h. in einer stabilen Qualität bzgl. Verunreinigungen und Oberflächengüte. Desweiteren sei in diesem Zusammenhang die relativ problemlose Prozessierbarkeit dieses Materials aufgeführt.
- 10 Selbstverständlich kann die erfindungsgemäße Reflexions-Maßverkörperung in den verschiedensten Positionsmeßeinrichtungen bzw. in Verbindung mit verschiedenen Abtastprinzipien eingesetzt werden. Desweiteren ist es natürlich möglich, die erfindungsgemäße Reflexions-Maßverkörperung in linearen Meßanordnungen ebenso einzusetzen wie in rotatorischen Meß-
- 15 anordnungen oder zweidimensionalen Meßanordnungen etc.. Es lassen sich erfindungsgemäß die verschiedensten Maßverkörperungen herstellen, wie etwa Inkrementalteilungen, Codeteilungen, Strukturen für Referenzmarken usw..
- 20 Weitere Vorteile sowie Einzelheiten der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen anhand der beiliegenden Zeichnungen.
- Dabei zeigt
- 25
- Figur 1 eine Draufsicht auf ein Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Reflexions-Maßverkörperung;
- 30 Figur 2 einen vergrößerten Ausschnitt aus Figur 1;
- Figur 3a und 3b jeweils Schnittansichten der Figur 2;

- Figur 4 eine Schnittansicht einer einzelnen V-Rille, in die ein Lichtstrahl einfällt;
- 5 Figur 5a – 5h jeweils einzelne Verfahrensschritte bei der Herstellung der erfindungsgemäßen Reflexions-Maßverkörperung;
- 10 Figur 6 eine Rasterelektronenmikroskopie-Aufnahme eines Teiles der erfindungsgemäßen Reflexions-Maßverkörperung gemäß dem oben erläuterten ersten Ausführungsbeispiel;
- 15 Figur 7 eine Rasterelektronenmikroskopie-Aufnahme eines Teiles eines zweiten Ausführungsbeispiels der erfindungsgemäßen Reflexions-Maßverkörperung.

In Figur 1 ist eine Draufsicht auf ein erstes Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Reflexions-Maßverkörperung gezeigt, die z.B. in einer Positionsmeßeinrichtung eingesetzt werden kann, die zur Erfassung von Linearverschiebungen zweier zueinander beweglicher Objekte dient.

Die dargestellte Reflexions-Maßverkörperung 1 besteht im wesentlichen aus einem länglichen Silizium-Substrat 2, das sich in Meßrichtung x erstreckt, 25 auf dem in diesem Ausführungsbeispiel eine Inkrementalteilungsspur 3 angeordnet ist. Die Inkrementalteilungsspur 3 wiederum besteht aus ersten und zweiten rechteckförmigen Teilbereichen 4a, 4b, die unterschiedliche optische Reflexionseigenschaften für darauf einfallendes Licht aufweisen. Mit dem Bezugszeichen 4a seien hierbei die Teilbereiche geringer Reflektivität bezeichnen; mit dem Bezugszeichen 4b hingegen die Teilbereiche hoher Reflektivität. Die Teilbereiche 4b, 4a mit hoher und niedriger Reflektivität sind alternierend in einer ersten Richtung x angeordnet, die auch der Meßrichtung entspricht, entlang der in einer zugehörigen Positionsmeßeinrichtung eine Relativverschiebung gemessen würde. Die verschiedenen Teilbe-

reiche 4a, 4b sind von ihren jeweiligen geometrischen Dimensionen her identisch ausgebildet. In der ersten Richtung x weisen sie eine Breite b auf; senkrecht hierzu, in der zweiten Richtung y, erstrecken sie sich über die Länge l, die in diesem Beispiel auch der Breite der Inkrementalteilungsspur 5 3 entspricht.

Die für einfallende Lichtbündel reflektierend ausgelegten Teilbereiche 4b werden in dieser Ausführungsform durch die Oberfläche des Silizium-Substrates 2 gebildet, wobei einkristallines Silizium-Substratmaterial mit der Kri-

10 stallorientierung 100 gewählt wurde. Bei einer Wellenlänge $\lambda = 860\text{nm}$ weist dieses Material einen Reflexionsgrad von ca. 32% auf, was für eine Reflexions-Maßverkörperung eine ausreichende Qualität der erzeugten Abtastsignale gewährleistet.

15 Zur erfindungsgemäßen Ausgestaltung der Teilbereiche 4a mit geringer Reflektivität sei auf die detaillierte Beschreibung der nachfolgenden Figuren 2 – 4 verwiesen. Figur 2 zeigt hierbei den in Figur 1 markierten Ausschnitt der Reflexions-Maßverkörperung 1 in vergrößerter Darstellung. Die beiden Figuren 3a und 3b stellen Schnittansichten des Ausschnittes in Figur 2 durch die 20 angegebenen Schnittlinien AB bzw. CD dar.

Erfindungsgemäß ist in der ersten Ausführungsform nunmehr vorgesehen, die Teilbereiche 4a mit geringer Reflektivität jeweils mit mehreren als V-Rillen 5.1 – 5.10, 6.1 – 6.4 ausgebildeten schrägen Flächen zu versehen, die 25 senkrecht oder parallel zur ersten Richtung x in einer zweiten Richtung angeordnet sind. Die zweite Richtung entspricht im dargestellten Ausführungsbeispiel der y-Richtung. In Figur 3b ist eine Längs-Schnitt durch einen Teilbereich 4a entlang der Schnittlinie CD dargestellt, anhand der die Anordnung der Vielzahl von V-Rillen 5.1 – 5.10 deutlich ersichtlich ist.

30 Wie in Figur 2 ebenfalls angedeutet ist, fällt die (011) - Richtung des Silizium-Substrates 2 mit der x-Richtung zusammen; die (0-11) – Richtung des Silizium-Substrates 2 fällt mit der y-Richtung zusammen, während die z-Richtung der (100) – Richtung entspricht.

Eine Detailansicht der einzelnen V-Rille 5.1 aus Figur 3a zeigt die Figur 4 in nochmals vergrößerter Darstellung; insbesondere sei hierbei die optische Wirkung derartiger schräger Flächen bzw. V-Rillen auf einen einfallenden Lichtstrahl erläutert.

- 5 Wie in Figur 4 erkennbar, nehmen die beiden Seitenflächen 5.1a, 5.1b bzw. die beiden schägen Flächen 5.1a, 5.1b einen Winkel $\alpha \approx 72^\circ$ zueinander ein; die Winkel β_a, β_b der beiden Seitenflächen 5.1a, 5.1b gegenüber der Ebene E betragen dementsprechend $\beta_a = \beta_b \approx 54^\circ$. Bei einer derartigen geometrischen Dimensionierung der V-Rille 5.1 wird ein aus der Einfallsrichtung IN
10 kommender Lichtstrahl L in der dargestellten Art und Weise zweimal an den Seitenflächen 5.1a, 5.1b reflektiert und verläßt schließlich die V-Rille 5.1 in der Ausfallsrichtung OUT, die nicht mit der Einfallsrichtung IN zusammenfällt. Aus der Einfallsrichtung IN erscheint bei einer derartigen Mehrfachreflektion die V-Rille 5.1 bzw. der Teilbereich 4a mit einer Vielzahl derartiger V-
15 Rillen 5.1 – 5.10 bzw. 6.1 – 6.4 als geringer reflektierend im Vergleich zu den daneben liegenden Teilbereichen 4b mit planen Oberflächen, da keine Retroreflexion der darauf einfallenden Lichtstrahlen resultiert.

Die erfindungsgemäß angeordneten schrägen Flächen bzw. V-Rillen in den
20 geringer reflektierenden Teilbereichen 4a lassen sich aufgrund der vorhandenen Orientierungen bestimmter Kristall-Ebenen des Silizium-Substrates 2 besonders vorteilhaft fertigen. Details in Bezug auf das erfindungsgemäße Verfahren seien im Verlauf der nachfolgenden Beschreibung anhand der Figuren 5a – 5h erläutert.

25 Im dargestellten Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Reflexions-Maßverkörperung 1 in den Figuren 2, 3a, 3b sind nicht nur V-Rillen 5.1 – 5.10 in den geringer reflektierenden Teilbereichen 4a vorgesehen, die sich benachbart in der zweiten Richtung y erstrecken, welche senkrecht zur ersten Richtung x orientiert ist. Vielmehr ist benachbart an den Längs-Rändern der Teilbereiche 4a jeweils mindestens eine weitere V-Rille 6.1 – 6.4 vorgesehen, die sich nahezu über die gesamte Länge l der Teilbereiche 4a in y-Richtung erstreckt. Insbesondere sei in diesem Zusammenhang auf die Schnittdarstellung in Fig. 3a hingewiesen, aus der die Anordnung dieser

zusätzlichen V-Rillen 6.1 – 6.4 an den Rändern der gering reflektierenden Teilbereiche 4a noch deutlicher ersichtlich wird.

- Vorteilhaft an den zusätzlichen, seitlichen V-Rillen 6.1 – 6.4 ist nunmehr, daß dadurch eine scharfe Begrenzung der unterschiedlichen Teilbereiche 5 4a, 4b gegeneinander gewährleistet ist. Zwingend erforderlich für die Funktion der erfindungsgemäßen Reflexions-Maßverkörperung 1 sind diese zusätzlichen V-Rillen 6.1 – 6.4 jedoch nicht.

- Während im obigen Ausführungsbeispiel die schrägen Flächen in den gerin-
10 ger reflektierenden Teilbereichen als V-Rillen ausgebildet wurden, ist es alternativ auch möglich, die schrägen Flächen als Vielzahl von Pyramiden bzw. pyramidenförmigen Vertiefungen in diesen Teilbereichen auszubilden. Diese können regelmäßig angeordnet oder aber statistisch verteilt vorliegen.
Die Erzeugung dieser Pyramidenstruktur kann ebenso wie die Erzeugung
15 der oben diskutierten V-Rillen durch Tiefätzen des Silizium-Substrates erfolgen, wozu dann entsprechend modifizierte Ätzmasken erforderlich sind. Be-
züglich weiterer Details zu einer derartigen Ausführungsform der erfindungs-
gemäßen Maßverkörperung sei an dieser Stelle z.B. ergänzend auf die Ver-
öffentlichung von I. Zubel, Silicon Anisotropic Etching in Alkaline Solutions II,
20 Sensors and Actuators, A 70 (1998), S. 260 – 268 verwiesen.

- Ein Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Herstellung einer Reflexions-Maßverkörperung sei nachfolgend anhand der Figuren 5a – 5h erläutert. Hierbei wird ein Verfahren beschrieben, welches zur Herstel-
25 lung einer Reflexions-Maßverkörperung gemäß dem oben beschriebenen Ausführungsbeispiel geeignet ist und bei dem die schrägen Flächen dem-
zufolge als V-Rillen ausgebildet werden. Eine derartige Ausführung der er-
findungsgemäßen gestattet insbesondere die Realisierung sehr feiner Tei-
lungsperioden.

- 30 In Bezug auf geeignete Verfahren zur Herstellung der erwähnten Struktur mit tiefgeätzten pyramidenförmigen Vertiefungen, die sich wiederum beson-
ders für gröbere Teilungsperioden eignet, sei lediglich auf die oben erwähnte Veröffentlichung verwiesen.

Ausgangspunkt des nachfolgend beschriebenen Verfahrens ist das in den Figuren 5a und 5b dargestellte Silizium-Substrat 2, bei dem die (011) -Richtung mit der x-Richtung und die (0-11) – Richtung mit der y-Richtung zusammenfällt. Aufgrund dieser Orientierung des Silizium-Substrates 2 ist gewährleistet, daß sich die gewünschten geraden Kanten ergeben.

In einem ersten Verfahrensschritt wird das Silizium-Substrat 2 mit einer Ätzmaske 10 versehen, die in diesem Beispiel aus einer Chrom-Beschichtung besteht. Das Silizium-Substrat 2 mit aufgebrachter Ätzmaske 10 zeigen die 10 beiden Ansichten der Figuren 5c und 5d. Die nahezu leiterförmig ausgebildete Ätzmaske 10 wird hierbei zum einen in den Teilbereichen 4b mit gewünschter hoher Reflektivität aufgebracht; zum anderen wird die Ätzmaske 10 auch in den Bereichen der geringer reflektierenden Teilbereiche 4a aufgebracht, die sich zwischen den zu erzeugenden V-Rillen befinden sowie in 15 seitlich begrenzenden Bereichen. In diesem Zusammenhang sei insbesondere auf die Figur 5d verwiesen, die die von der Ätzmaske 10 bedeckten Bereiche des Substrat-Materiales 2 zeigt. Unbedeckt von der Ätzmaske 10 bleiben auf dem Silizium-Substrat 2 demnach lediglich diejenigen Bereiche, in denen die V-Rillen ausgebildet werden sollen. Das räumlich selektive Aufbringen der Ätzmaske 10 auf die gewünschten Bereiche des Silizium-Substrates 2 erfolgt hierbei über bekannte lithographische Verfahren.

Alternativ zur Verwendung einer Chrom-Ätzmaske ist es möglich, in diesem Verfahrensschritt selbstverständlich auch andere Materialien für Ätzmasken einzusetzen. Beispielsweise können zu diesem Zweck auch Materialien wie TiO₂, SiO₂, geeignete Kristallite, Styroporkügelchen etc. verwendet werden, um das Silizium-Substrat 2 geeignet zu maskieren.

Im nachfolgenden Verfahrensschritt – dargestellt in Figur 5e – werden die V-Rillen in das Silizium-Substrat 2 geätzt, wozu beispielsweise das Silizium-Substrat 2 mit der Ätzmaske 10 in eine geeignete Ätzlösung aus Kalium-hydroxyd (KOH) und Isopropanol (H₃C₂OH) getaucht wird. Selbstverständlich können auch andere Ätzmedien für den erforderlichen anisotropen Ätzprozess eingesetzt werden; beispielsweise könnten an dieser Stelle auch

- bekannte Verfahren wie reaktives Ionenätzen etc. eingesetzt werden usw.. Die gewünschten V-Rillen ergeben sich beim anisotropen Tiefätz-Prozeß aufgrund der unterschiedlichen Ätzraten im Silizium-Substrat 2 für die verschiedenen Kristallebenen-Orientierungen. So ist die Ätzrate in (100)-Richtung ca. 100 mal höher als die Ätzrate in (111)-Richtung. Der Ätzprozeß wird hierbei solange fortgesetzt, bis die dabei entstehenden schrägen Kanten bzw. Seitenflächen zusammengelaufen sind, d.h. die z.B. in Figur 4 beschriebene V-Rille vollständig ausgebildet ist. Die sich dabei letztlich ergebenden V-Rillen-Strukturen sind in der Schnittansicht der Figur 5f erkennbar.
- 5 10 In Figur 5g ist eine Draufsicht auf einen Teil der Maßverkörperung in diesem Prozeßstadium dargestellt.

Abschließend wird lediglich noch die Ätzmaske 10 entfernt, was etwa durch bekannte naßchemische Ätzverfahren erfolgen kann. Ein Schnitt durch die 15 dann resultierende Struktur ist in Figur 5h gezeigt.

Der letzte Verfahrensschritt ist hierbei nicht in jedem Fall erforderlich; insbesondere dann nicht, wenn in den höher reflektierenden Teilbereichen 4b die reflektierende Ätzmaske 10 verbleiben soll. Im Fall einer Chrom-Ätzmaske 20 kann z.B. in den Teilbereichen 4b hoher Reflektivität die Chrom-Ätzmaske verbleiben. Dies ist insbesondere dann sinnvoll, wenn ggf. eine besonders hohe Reflektivität der Teilbereiche 4b gefordert wird. Grundsätzlich reicht jedoch der bereits oben erwähnte Reflexionsgrad der Silizium-Substrat-Oberfläche aus.

25 Als besonders vorteilhaft am oben beschriebenen Verfahren ist anzuführen, daß dabei praktisch keine Unterätzung der Ätzmaske resultiert und sich damit auch eine mechanisch stabile Teilungsstruktur ergibt.

30 Eine Rasterelektronenmikroskop-Aufnahme einer ersten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Maßverkörperung, wie sie vorab beschrieben wurde, ist in Figur 6 gezeigt. Die gering reflektierenden Teilbereiche weisen dabei die oben beschriebene V-Rillen-Struktur auf.

Figur 7 zeigt die Rasterelektronenmikroskop-Aufnahme eines Ausschnittes einer zweiten Variante der erfindungsgemäßen Maßverkörperung. Erkennbar ist in Figur 7 ein Ausschnitt eines gering-reflektierenden Teilbereiches, bei dem die tiefgeätzten schrägen Flächen wie oben angedeutet durch eine
5 Vielzahl von unregelmäßig verteilten pyramidenförmigen Vertiefungen gebil-
det werden.

In der vorhergehenden Beschreibung wurden selbstverständlich nur mögli-
che Ausführungsbeispiele erläutert, d.h. im Rahmen der vorliegenden Erfin-
10 dung sind auch noch entsprechende Abwandlungen hiervon realisierbar.

DR. JOHANNES HEIDENHAIN GmbH

2. August 1999

Ansprüche

=====

1. Reflexions-Maßverkörperung, bestehend aus ersten und zweiten Teilbereichen (4a, 4b) mit unterschiedlichen optischen Reflexionseigenschaften, die sich mindestens in einer ersten Richtung (x) auf einem Silizium-Substrat (2) erstrecken, wobei die geringer reflektierenden ersten Teilbereiche (4a) mehrere tiefgeätzte schräge Flächen (5.1a, 5.1b) umfassen, die derart angeordnet sind, daß keine Retroreflexion von darauf einfallenden Lichtstrahlen resultiert.
5
2. Reflexions-Maßverkörperung nach Anspruch 1, wobei die schrägen Flächen (5.1a, 5.1b) aus mehreren benachbarten V-Rillen (5.1 – 5.10) bestehen, die in einer zweiten Richtung angeordnet sind, die senkrecht zur ersten Richtung orientiert ist.
10
3. Reflexions-Maßverkörperung nach Anspruch 2, wobei die V-Rillen (5.1 – 5.10) in den ersten Teilbereichen (4.a) periodisch angeordnet sind.
15
4. Reflexions-Maßverkörperung nach Anspruch 2, wobei die schrägen Flächen (5.1a, 5.1b) einer V-Rille (5.1 – 5.10) jeweils in einem Winkel (α) von ca. 72° zueinander orientiert sind.
20
5. Reflexions-Maßverkörperung nach Anspruch 1, wobei als Silizium-Substratmaterial (2) einkristallines (100)-Silizium dient und die erste Richtung (x) der (011)-Richtung des einkristallinen (100)-Siliziums entspricht.

6. Reflexions-Maßverkörperung nach Anspruch 1, wobei die Breite (b) der ersten Teilbereiche (4.a) und die Breite (b) der zweiten Teilbereiche (4b) in der ersten Richtung (x) identisch gewählt sind.
- 5 7. Reflexions-Maßverkörperung nach Anspruch 2, wobei an den Rändern der ersten, nichtreflektierenden Bereiche (4a) jeweils ebenfalls mindestens eine V-Rille (6.1 – 6.4) angeordnet ist, die sich in der zweiten Richtung (y) nahezu über die vollständige Länge (l) der ersten Teilbereiche (4a) erstreckt.

10
8. Reflexions-Maßverkörperung nach Anspruch 1, wobei auf den zweiten, stärker reflektierenden Teilbereichen (4b) eine Beschichtung aus hochreflektierendem Material aufgebracht ist.
- 15 9. Reflexions-Maßverkörperung nach Anspruch 1, wobei die schrägen Flächen als pyramidenförmige Vertiefungen ausgebildet sind.
10. Verfahren zur Herstellung einer Reflexions-Maßverkörperung, die aus ersten und zweiten Teilbereichen (4a, 4b) mit unterschiedlichen optischen Reflexionseigenschaften besteht, die sich mindestens in einer ersten Richtung (x) auf einem Silizium-Substrat (2) erstrecken, wobei in den geringer reflektierenden ersten Teilbereichen (4a) mehrere schräge Flächen (5.1a, 5.1b) durch Tiefätzen erzeugt werden, die derart angeordnet sind, daß keine Retroreflexion von darauf einfallenden Lichtstrahlen resultiert.

20
- 25 11. Verfahren nach Anspruch 10, wobei senkrecht zur ersten Richtung (x) jeweils mehrere V-Rillen (5.1 – 5.10) in einer zweiten Richtung (y) ausgebildet werden.
- 30 12. Verfahren nach Anspruch 11, wobei zur Ausbildung der V-Rillen (5.1 – 5.10) in die Oberfläche des Silizium-Substrates (2) gezielt schräge Flächen (5.1a, 5.1b) im Bereich der ersten Teilbereiche (4a) geätzt werden.

13. Verfahren nach Anspruch 12, wobei vor dem Ätzen der schrägen Flächen (5.1a, 5.1b) mindestens die zweiten Teilbereiche (4b) auf der Silizium-Oberfläche mit einer Ätzmaske (10) abgedeckt werden.
- 5 14. Verfahren nach Anspruch 13, wobei als Material der Ätzmaske (10) Chrom verwendet wird.
15. Verfahren nach Anspruch 12, wobei als Ätzlösung Kaliumhydroxid in Verbindung mit Isopropanol verwendet wird.
- 10
16. Verfahren nach Anspruch 12, wobei der Ätzprozeß solange dauert, bis jeweils die V-Rillen vollständig ausgebildet sind.
- 15
17. Verfahren nach Anspruch 13, wobei nach Beendigung des Ätzprozesses die Ätzmaske wieder entfernt wird.
18. Verfahren nach Anspruch 10, wobei in die ersten Teilbereiche mehrere pyramidenförmige Vertiefungen in das Silizium-Substrat geätzt werden.

FIG. 1

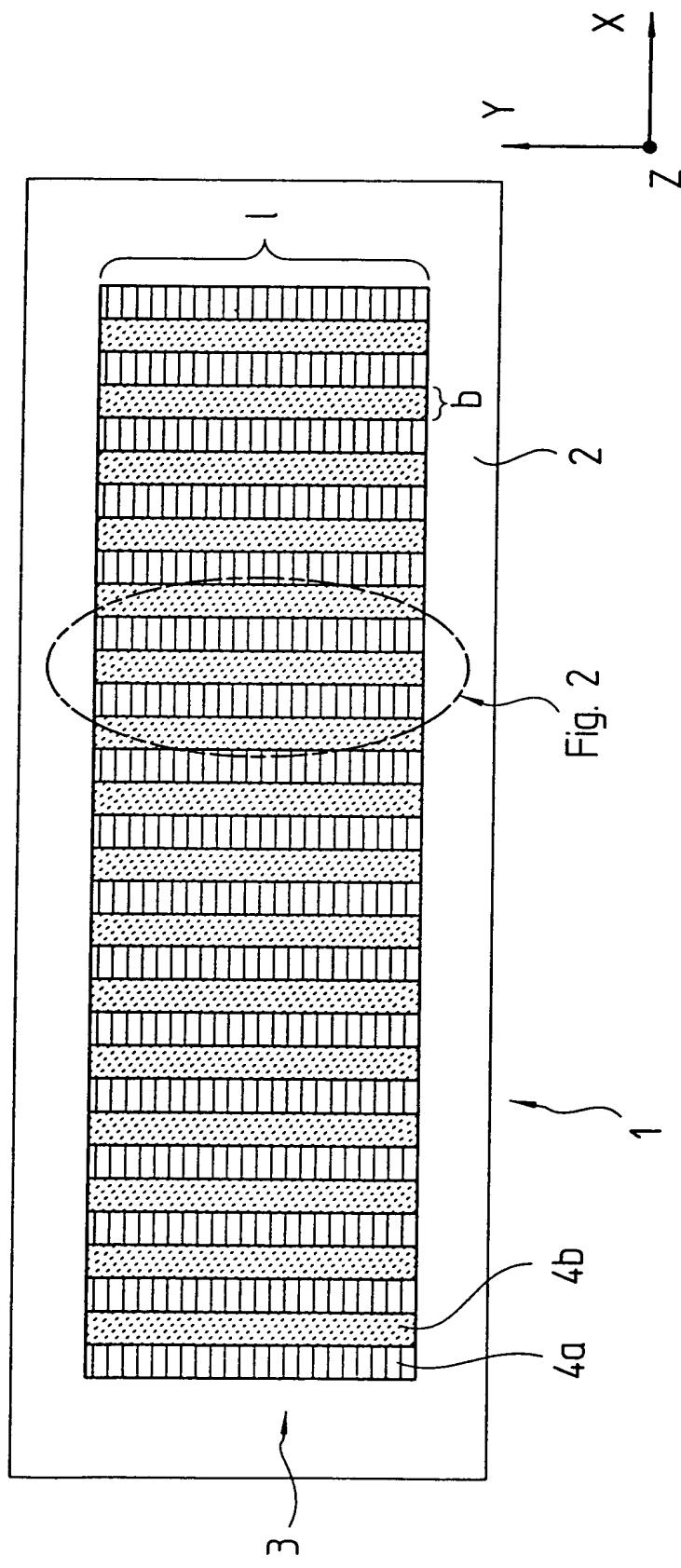


Fig. 2

FIG. 2

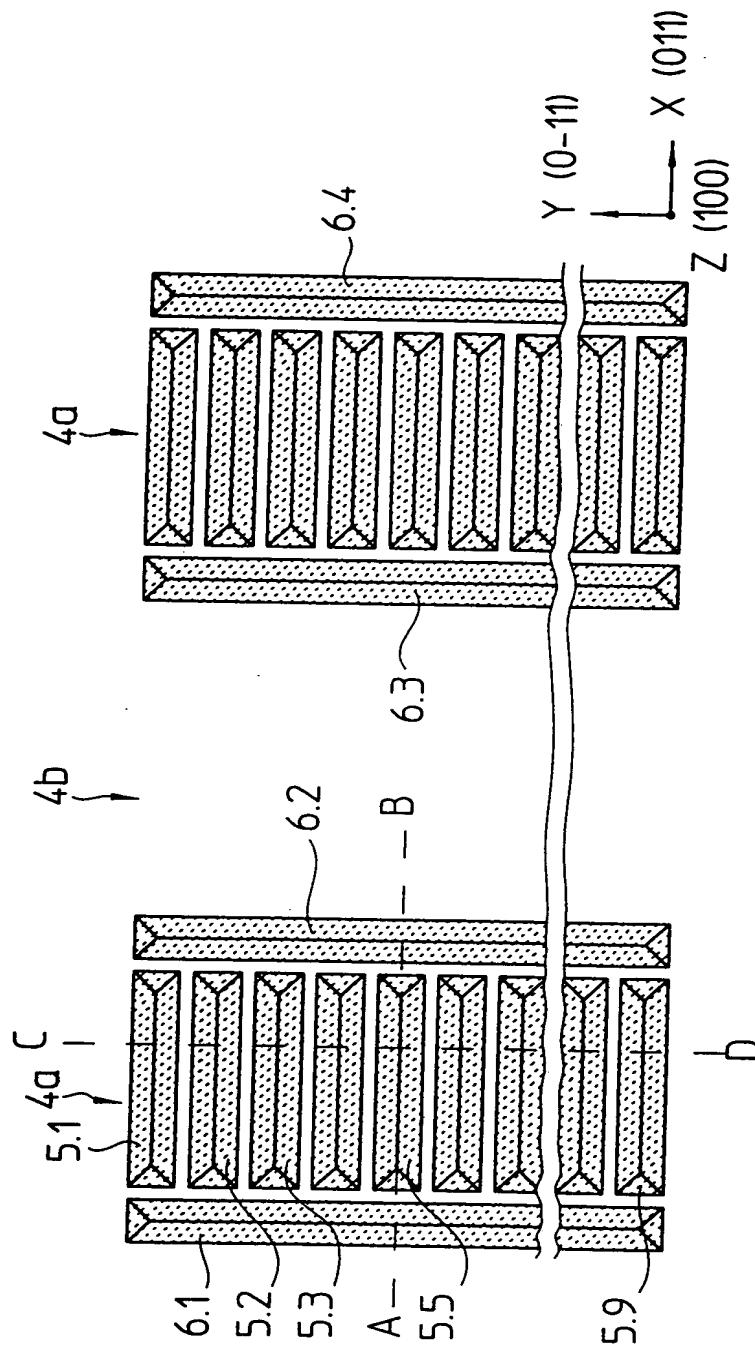


FIG. 3a

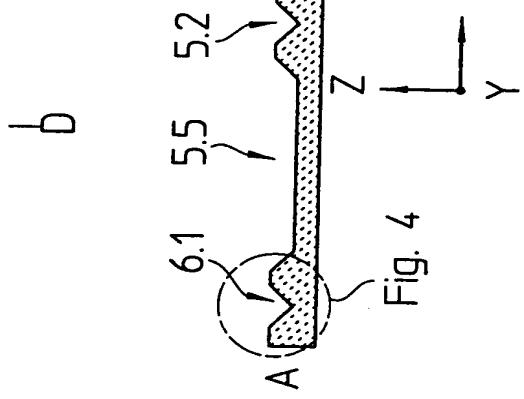


FIG. 3b

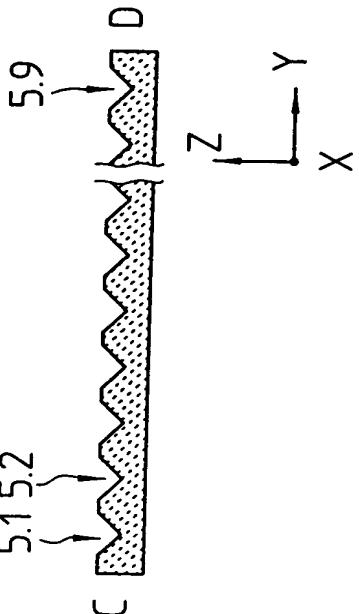


Fig. 4

FIG. 4

3/6

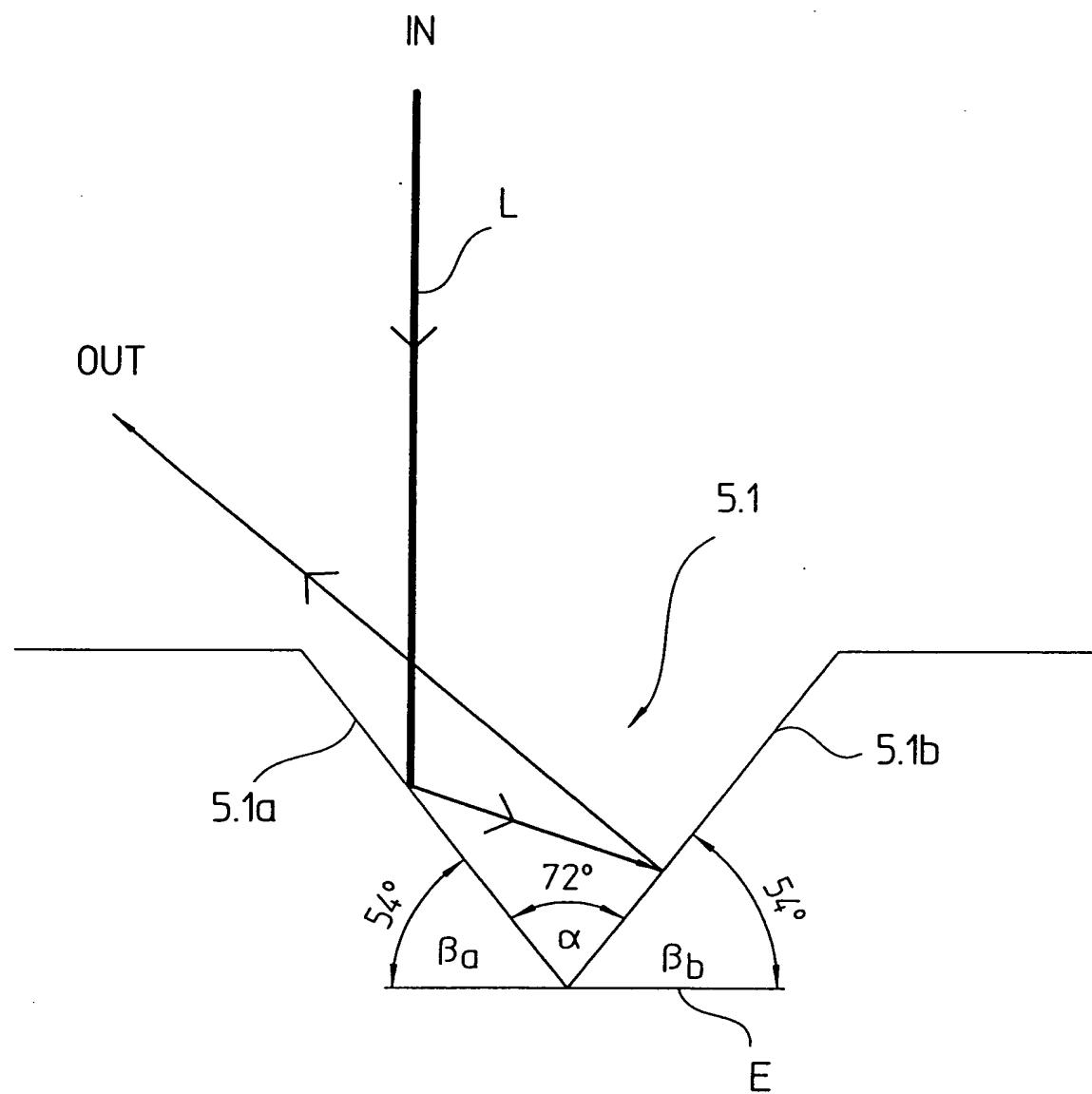


FIG. 5a

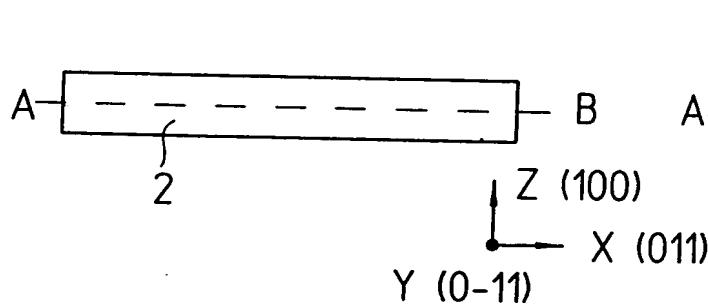


FIG. 5b

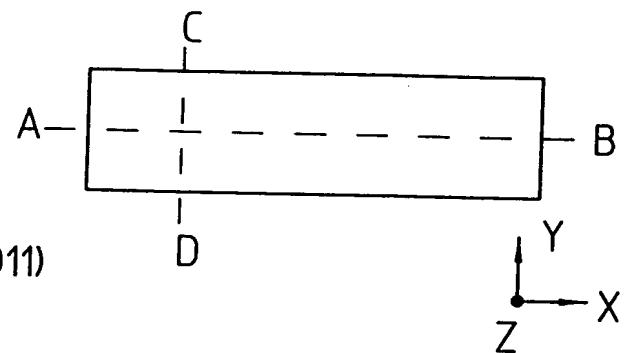


FIG. 5c

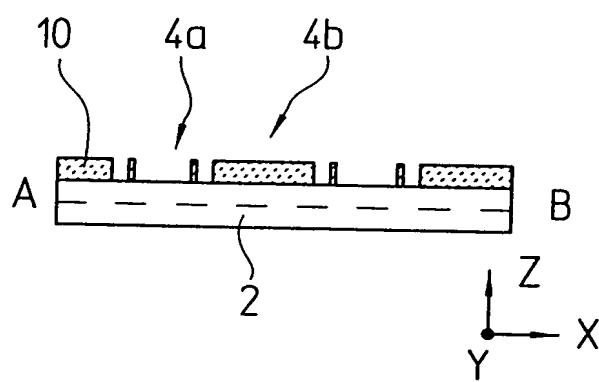


FIG. 5d

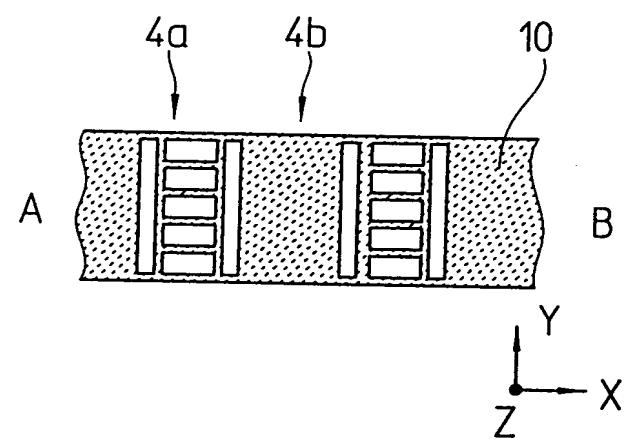


FIG. 5e

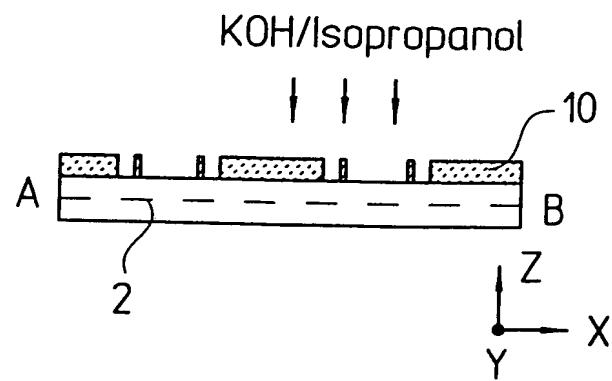


FIG. 5f

5/6

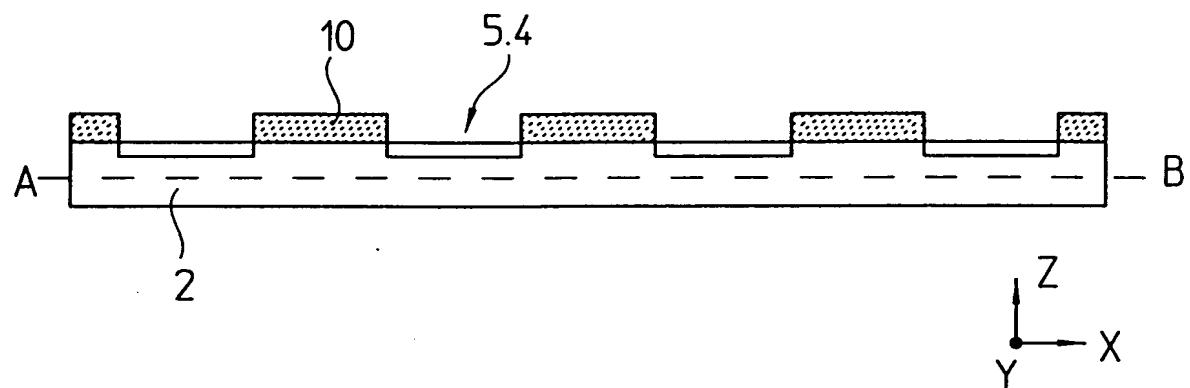


FIG. 5g

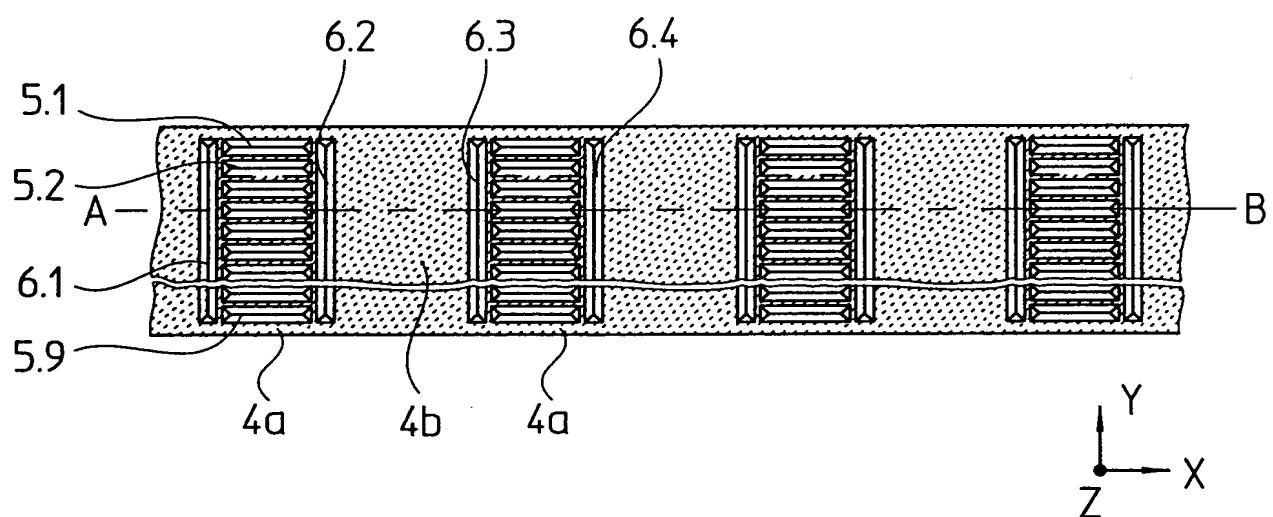


FIG. 5h

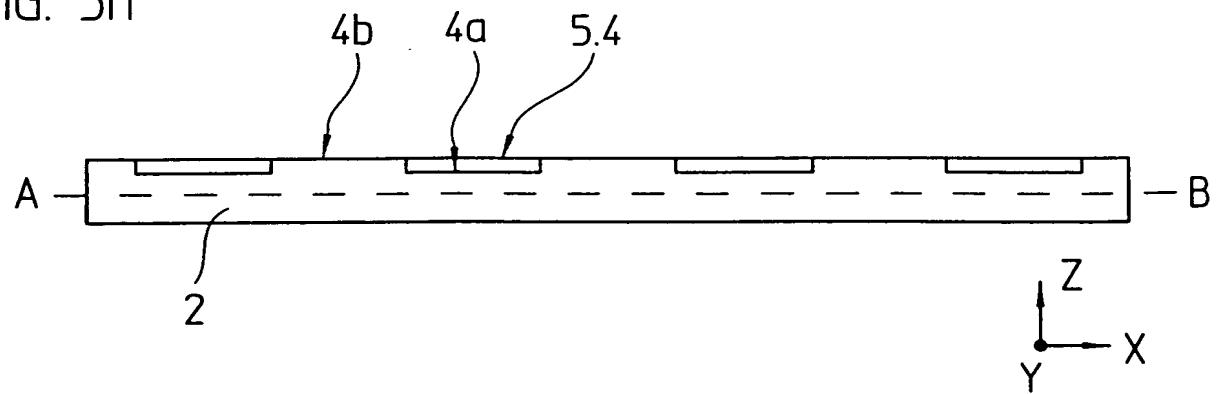


FIG. 6

6/6

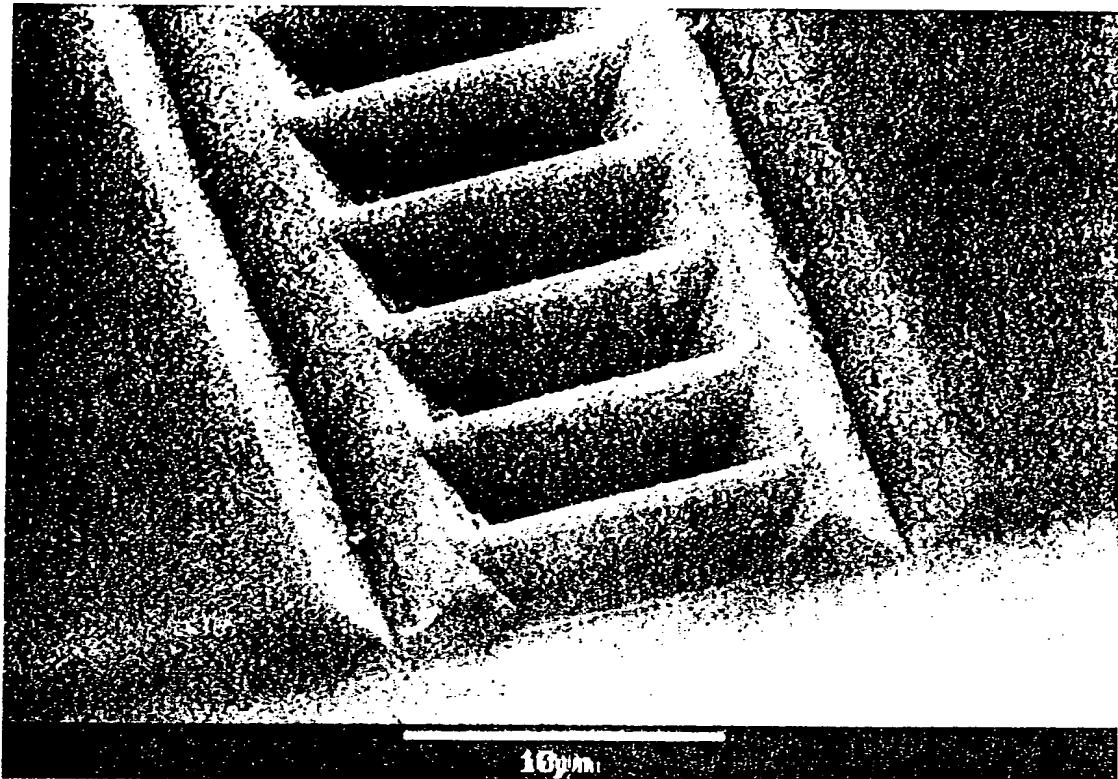
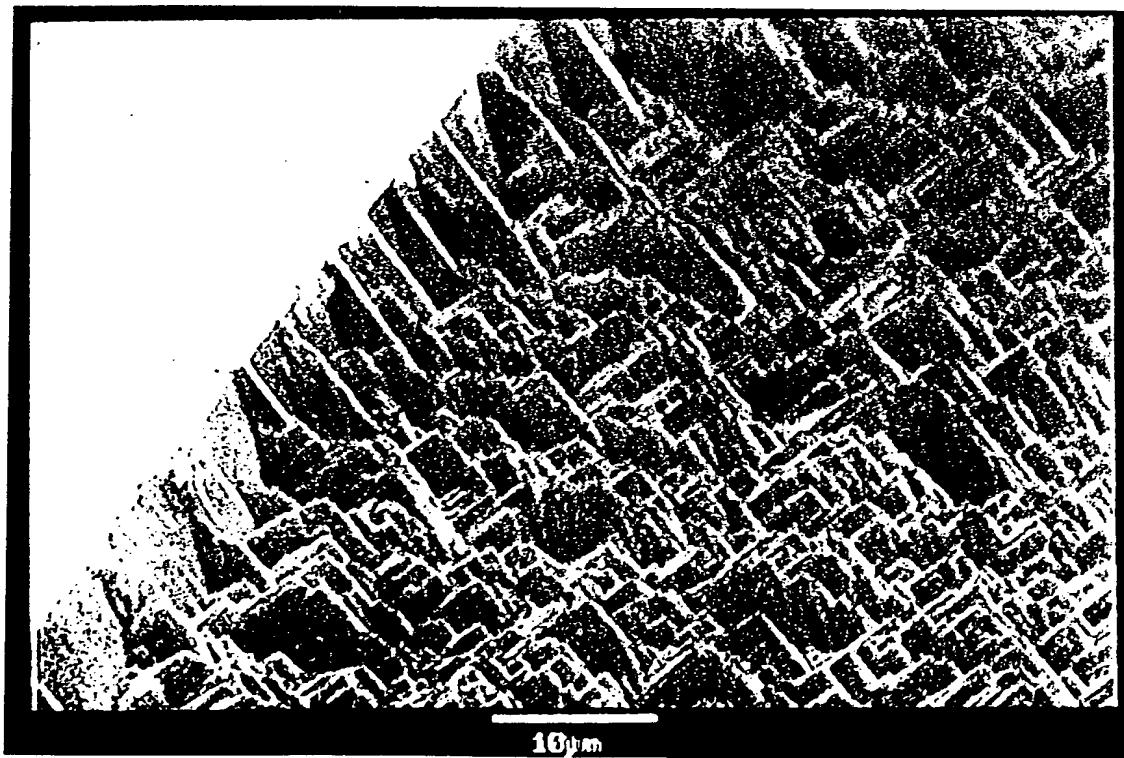
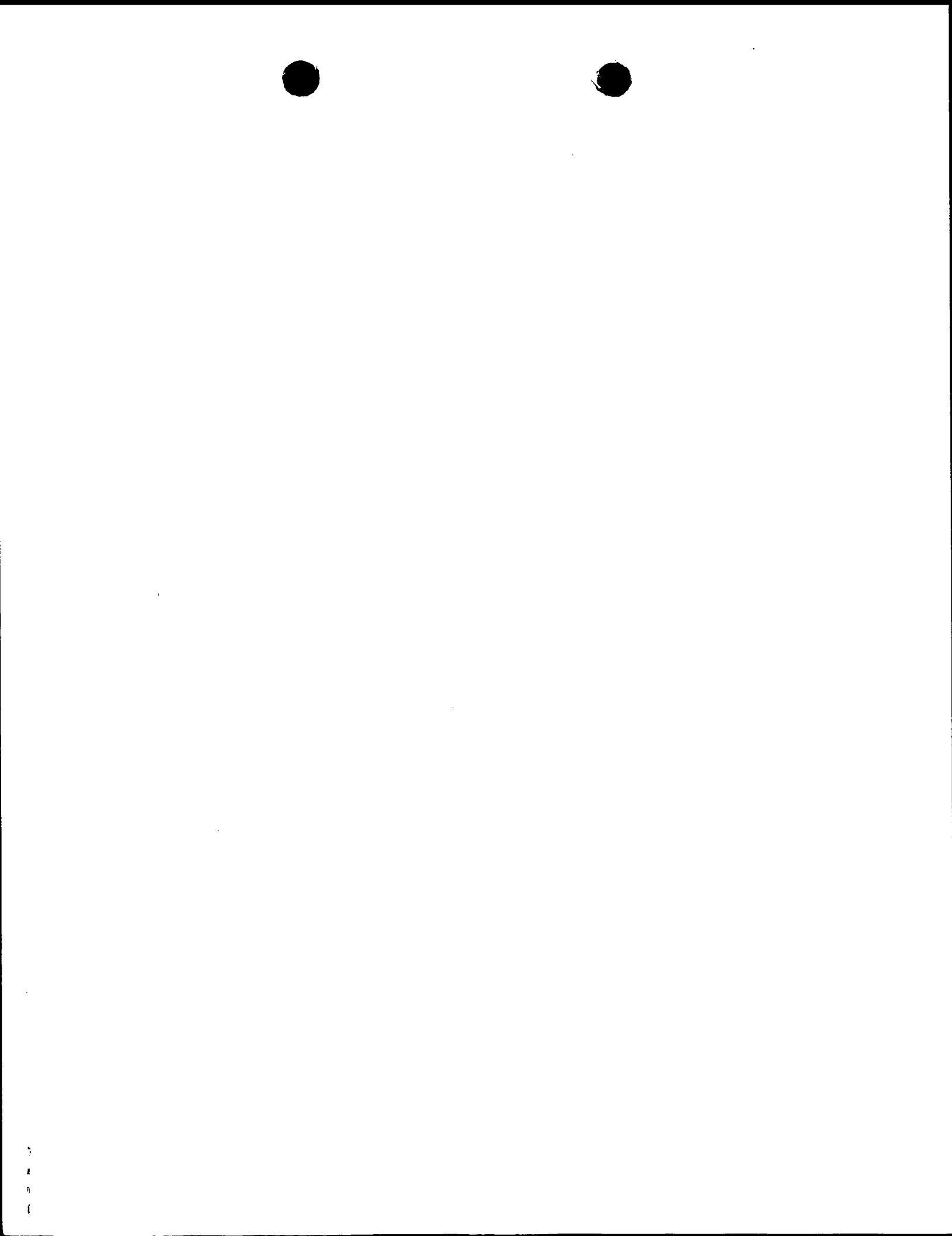


FIG. 7





Reflexions-Maßverkörperung und Verfahren zur Herstellung einer
Reflexions-Maßverkörperung

=====

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Reflexions-Maßverkörperung sowie ein Verfahren zur Herstellung einer Reflexions-Maßverkörperung.

- Optische Auflicht-Positionsmeßeinrichtungen umfassen üblicherweise eine
- 5 Reflexions-Maßverkörperung sowie eine relativ hierzu bewegliche Abtasteinheit. Auf Seiten der Abtasteinheit ist in der Regel eine Lichtquelle angeordnet, die ein Lichtbündel in Richtung der Reflexions-Maßverkörperung emittiert. Von dort erfolgt eine Rückreflexion in Richtung der Abtasteinheit, wo das verschiebungsabhängig modulierte Lichtbündel ggf. durch ein oder
- 10 mehrere Abtastteilungsstrukturen tritt und schließlich von einer optoelektronischen Detektoranordnung erfaßt wird. Die derart erzeugten, verschiebungsabhängig modulierten Signale werden dann über eine nachgeordnete Auswerteeinheit weiterverarbeitet.
- 15 Bekannte Reflexions-Maßverkörperungen derartiger Systeme bestehen in der Regel aus einem Substratmaterial, auf dem alternierend Teilbereiche mit unterschiedlichen optischen Eigenschaften angeordnet sind. Die Anordnung der verschiedenen Teilbereiche erstreckt sich hierbei im Fall einer Inkrementalteilung in der Meßrichtung. Beispielsweise kann auf einem Glas-Substrat vorgesehen werden, Teilbereiche mit hoher und geringer Reflektivität auszubilden. Alternativ wird als Substratmaterial auch Stahl verwendet, auf dem dann ebenfalls Teilbereiche mit hoher und geringer Reflektivität ausgebildet werden. Die Teilbereiche hoher Reflektivität können hierbei aus Gold bestehen, während in den geringer reflektierenden Teilbereichen die Stahl-
- 20 Oberfläche mattgeätzt wird, so daß das dort auftreffende Licht absorbiert oder diffus reflektiert wird.
- 25 An derartige Maßverkörperungen werden eine Reihe von Anforderungen gestellt. In diesem Zusammenhang sind eine möglichst hohe Abriebfestigkeit, eine hohe thermische Beständigkeit, ein definiertes thermisches Ver-

30

halten sowie eine gute Langzeitstabilität aufzuführen. Die oben erwähnten, bekannten Maßverkörperungen auf Glas- und Stahlsubstraten gewährleisten dies jedoch nur teilweise.

- 5 Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, eine Reflexions-Maßverkörperung sowie ein Verfahren zur Herstellung derselben anzugeben, um den oben aufgeführten Anforderungen möglichst weitgehend zu entsprechen.
- 10 Diese Aufgabe wird gelöst durch eine Reflexions-Maßverkörperung mit den Merkmalen des Anspruches 1.

Vorteilhafte Ausführungsformen der erfindungsgemäßen Reflexions-Maßverkörperung ergeben sich aus den Maßnahmen, die in den von Anspruch 1 abhängigen Patentansprüchen aufgeführt sind.

Zur Lösung der vorliegenden Aufgabe dient ferner ein Verfahren zur Herstellung einer Reflexions-Maßverkörperung mit den Merkmalen des Anspruches 10.

- Vorteilhafte Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Verfahrens sind in den von Anspruch 10 abhängigen Patentansprüchen aufgeführt.
- 20 Erfindungsgemäß wird nunmehr vorgesehen, ein Silizium-Substrat einzusetzen und darauf die Teilbereiche unterschiedlicher Reflektivität geeignet auszubilden. Vorzugsweise wird einkristallines Silizium verwendet. Die Teilbereiche geringer Reflektivität umfassen hierbei jeweils mehrere schräge Flächen, die durch Tiefätzen des Silizium-Substrates entlang unterschiedlicher Kristallrichtungen erzeugt werden und welche derart angeordnet sind, daß keine Retroreflexion von darauf einfallenden Lichtstrahlen resultiert.
 - 25

In einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung bestehen die schrägen Flächen aus V-Rillen, die sich senkrecht oder parallel zu derjenigen Richtung erstrecken, in der die Teilbereiche mit verschiedenen Refle-

xionseigenschaften angeordnet sind. Als Teilbereiche mit hoher Reflektivität können die nicht weiter behandelten Teilbereiche der Silizium-Substrat-Oberfläche dienen; ggf. ist auch eine Beschichtung dieser Teilbereiche mit geeignetem Material möglich.

5

Alternativ können die schrägen Flächen in den geringer reflektierenden Teilbereichen auch als tiefgeätzte Pyramidenstruktur ausgebildet werden, d.h. es existieren demzufolge verschiedene Möglichkeiten die erforderlichen schrägen Flächen mit den entsprechenden optischen Wirkungen auszubilden. Diese Variante eignet sich insbesondere für Maßverkörperungen mit größeren Teilungsperioden.

Eine derartige Maßverkörperung weist eine Reihe von Vorteilen auf. So ist in diesem Zusammenhang zunächst die hohe Abriebfestigkeit sowie die sehr hohe mechanische Beständigkeit der Maßverkörperungs-Oberfläche aufzuzeigen. Das vorzugsweise einkristalline Silizium-Substrat ist desweiteren strukturell stabil und verändert sich nicht mehr, d.h. es resultieren keine unerwünschten Diffusionsprozesse. Ferner besitzt Silizium ein definiertes thermisches Ausdehnungsverhalten, was insbesondere für Hochpräzisionsanwendungen von Bedeutung ist. Besonders vorteilhaft ist etwa der Einsatz der erfindungsgemäßen Maßverkörperung in der Halbleiterindustrie, da dann das jeweilige Positionsmeßsystem eine Maßverkörperung umfaßt, die den gleichen thermischen Ausdehnungskoeffizienten aufweist wie das zu prozessierende Halbleitermaterial. Ferner ist aufzuführen, daß Silizium als Substratmaterial relativ günstig in definiertem Zustand verfügbar ist, d.h. in einer stabilen Qualität bzgl. Verunreinigungen und Oberflächengüte. Desweiteren sei in diesem Zusammenhang die relativ problemlose Prozessierbarkeit dieses Materials aufgeführt.

Selbstverständlich kann die erfindungsgemäße Reflexions-Maßverkörperung in den verschiedensten Positionsmeßeinrichtungen bzw. in Verbindung mit verschiedenen Abtastprinzipien eingesetzt werden. Des Weiteren ist es natürlich möglich, die erfindungsgemäße Reflexions-Maßverkörperung in linearen Meßanordnungen ebenso einzusetzen wie in rotatorischen Meß-

anordnungen oder zweidimensionalen Meßanordnungen etc.. Es lassen sich erfindungsgemäß die verschiedensten Maßverkörperungen herstellen, wie etwa Inkrementalteilungen, Codeteilungen, Strukturen für Referenzmarken usw..

5

Weitere Vorteile sowie Einzelheiten der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen anhand der beiliegenden Zeichnungen.

10 Dabei zeigt

Figur 1 eine Draufsicht auf ein Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Reflexions-Maßverkörperung;

15

Figur 2 einen vergrößerten Ausschnitt aus Figur 1;

Figur 3a und 3b jeweils Schnittansichten der Figur 2;

20

Figur 4 eine Schnittansicht einer einzelnen V-Rille, in die ein Lichtstrahl einfällt;

25

Figur 5a – 5h jeweils einzelne Verfahrensschritte bei der Herstellung der erfindungsgemäßen Reflexions-Maßverkörperung;

30

Figur 6 eine Rasterelektronenmikroskopie-Aufnahme eines Teiles der erfindungsgemäßen Reflexions-Maßverkörperung gemäß dem oben erläuterten ersten Ausführungsbeispiel;

Figur 7 eine Rasterelektronenmikroskopie-Aufnahme eines Teiles eines zweiten Ausführungsbei-

spieles der erfindungsgemäßen Reflexions-Maßverkörperung.

In Figur 1 ist eine Draufsicht auf ein erstes Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Reflexions-Maßverkörperung gezeigt, die z.B. in einer Positionsmeßeinrichtung eingesetzt werden kann, die zur Erfassung von Linearverschiebungen zweier zueinander beweglicher Objekte dient.

Die dargestellte Reflexions-Maßverkörperung 1 besteht im wesentlichen aus einem länglichen Silizium-Substrat 2, das sich in Meßrichtung x erstreckt, auf dem in diesem Ausführungsbeispiel eine Inkrementalteilungsspur 3 angeordnet ist. Die Inkrementalteilungsspur 3 wiederum besteht aus ersten und zweiten rechteckförmigen Teilbereichen 4a, 4b, die unterschiedliche optische Reflexionseigenschaften für darauf einfallendes Licht aufweisen. Mit dem Bezugszeichen 4a seien hierbei die Teilbereiche geringer Reflektivität bezeichnet; mit dem Bezugszeichen 4b hingegen die Teilbereiche hoher Reflektivität. Die Teilbereiche 4b, 4a mit hoher und niedriger Reflektivität sind alternierend in einer ersten Richtung x angeordnet, die auch der Meßrichtung entspricht, entlang der in einer zugehörigen Positionsmeßeinrichtung eine Relativverschiebung gemessen würde. Die verschiedenen Teilbereiche 4a, 4b sind von ihren jeweiligen geometrischen Dimensionen her identisch ausgebildet. In der ersten Richtung x weisen sie eine Breite b auf; senkrecht hierzu, in der zweiten Richtung y, erstrecken sie sich über die Länge l, die in diesem Beispiel auch der Breite der Inkrementalteilungsspur 3 entspricht.

Die für einfallende Lichtbündel reflektierend ausgelegten Teilbereiche 4b werden in dieser Ausführungsform durch die Oberfläche des Silizium-Substrates 2 gebildet, wobei einkristallines Silizium-Substratmaterial mit der Kri-
stallorientierung 100 gewählt wurde. Bei einer Wellenlänge $\lambda = 860\text{nm}$ weist dieses Material einen Reflexionsgrad von ca. 32% auf, was für eine Reflexions-Maßverkörperung eine ausreichende Qualität der erzeugten Abtastsignale gewährleistet.

Zur erfindungsgemäßen Ausgestaltung der Teilbereiche 4a mit geringer Reflektivität sei auf die detaillierte Beschreibung der nachfolgenden Figuren 2 – 4 verwiesen. Figur 2 zeigt hierbei den in Figur 1 markierten Ausschnitt der Reflexions-Maßverkörperung 1 in vergrößerter Darstellung. Die beiden Figuren 3a und 3b stellen Schnittansichten des Ausschnittes in Figur 2 durch die angegebenen Schnittlinien AB bzw. CD dar.

Erfindungsgemäß ist in der ersten Ausführungsform nunmehr vorgesehen, die Teilbereiche 4a mit geringer Reflektivität jeweils mit mehreren als V-Rillen 5.1 – 5.10, 6.1 – 6.4 ausgebildeten schrägen Flächen zu versehen, die senkrecht oder parallel zur ersten Richtung x in einer zweiten Richtung angeordnet sind. Die zweite Richtung entspricht im dargestellten Ausführungsbeispiel der y-Richtung. In Figur 3b ist eine Längs-Schnitt durch einen Teilbereich 4a entlang der Schnittlinie CD dargestellt, anhand der die Anordnung der Vielzahl von V-Rillen 5.1 – 5.10 deutlich ersichtlich ist.

Wie in Figur 2 ebenfalls angedeutet ist, fällt die (011) - Richtung des Silizium-Substrates 2 mit der x-Richtung zusammen; die (0-11) – Richtung des Silizium-Substrates 2 fällt mit der y-Richtung zusammen, während die z-Richtung der (100) – Richtung entspricht.

Eine Detailansicht der einzelnen V-Rille 5.1 aus Figur 3a zeigt die Figur 4 in nochmals vergrößerter Darstellung; insbesondere sei hierbei die optische Wirkung derartiger schräger Flächen bzw. V-Rillen auf einen einfallenden Lichtstrahl erläutert.

Wie in Figur 4 erkennbar, nehmen die beiden Seitenflächen 5.1a, 5.1b bzw. die beiden schrägen Flächen 5.1a, 5.1b einen Winkel $\alpha \approx 72^\circ$ zueinander ein; die Winkel β_a , β_b der beiden Seitenflächen 5.1a, 5.1b gegenüber der Ebene E betragen dementsprechend $\beta_a = \beta_b \approx 54^\circ$. Bei einer derartigen geometrischen Dimensionierung der V-Rille 5.1 wird ein aus der Einfallsrichtung IN kommender Lichtstrahl L in der dargestellten Art und Weise zweimal an den Seitenflächen 5.1a, 5.1b reflektiert und verlässt schließlich die V-Rille 5.1 in der Ausfallsrichtung OUT, die nicht mit der Einfallsrichtung IN zusammenfällt. Aus der Einfallsrichtung IN erscheint bei einer derartigen Mehrfachreflexion die V-Rille 5.1 bzw. der Teilbereich 4a mit einer Vielzahl derartiger V-

Rillen 5.1 – 5.10 bzw. 6.1 – 6.4 als geringer reflektierend im Vergleich zu den daneben liegenden Teilbereichen 4b mit planen Oberflächen, da keine Retroreflexion der darauf einfallenden Lichtstrahlen resultiert.

- 5 Die erfindungsgemäß angeordneten schrägen Flächen bzw. V-Rillen in den geringer reflektierenden Teilbereichen 4a lassen sich aufgrund der vorhandenen Orientierungen bestimmter Kristall-Ebenen des Silizium-Substrates 2 besonders vorteilhaft fertigen. Details in Bezug auf das erfindungsgemäße Verfahren seien im Verlauf der nachfolgenden Beschreibung anhand der
- 10 Figuren 5a – 5h erläutert.

Im dargestellten Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Reflexions-Maßverkörperung 1 in den Figuren 2, 3a, 3b sind nicht nur V-Rillen 5.1 – 5.10 in den geringer reflektierenden Teilbereichen 4a vorgesehen, die sich benachbart in der zweiten Richtung y erstrecken, welche senkrecht zur ersten Richtung x orientiert ist. Vielmehr ist benachbart an den Längs-Rändern der Teilbereiche 4a jeweils mindestens eine weitere V-Rille 6.1 – 6.4 vorgesehen, die sich nahezu über die gesamte Länge l der Teilbereiche 4a in y-Richtung erstreckt. Insbesondere sei in diesem Zusammenhang auf die Schnittdarstellung in Fig. 3a hingewiesen, aus der die Anordnung dieser zusätzlichen V-Rillen 6.1 – 6.4 an den Rändern der gering reflektierenden Teilbereiche 4a noch deutlicher ersichtlich wird.
Vorteilhaft an den zusätzlichen, seitlichen V-Rillen 6.1 – 6.4 ist nunmehr, daß dadurch eine scharfe Begrenzung der unterschiedlichen Teilbereiche 25 4a, 4b gegeneinander gewährleistet ist. Zwingend erforderlich für die Funktion der erfindungsgemäßen Reflexions-Maßverkörperung 1 sind diese zusätzlichen V-Rillen 6.1 – 6.4 jedoch nicht.

Während im obigen Ausführungsbeispiel die schrägen Flächen in den geringer reflektierenden Teilbereichen als V-Rillen ausgebildet wurden, ist es alternativ auch möglich, die schrägen Flächen als Vielzahl von Pyramiden bzw. pyramidenförmigen Vertiefungen in diesen Teilbereichen auszubilden. Diese können regelmäßig angeordnet oder aber statistisch verteilt vorliegen. Die Erzeugung dieser Pyramidenstruktur kann ebenso wie die Erzeugung

der oben diskutierten V-Rillen durch Tiefätzen des Silizium-Substrates erfolgen, wozu dann entsprechend modifizierte Ätzmasken erforderlich sind. Bezuglich weiterer Details zu einer derartigen Ausführungsform der erfindungsgemäßen Maßverkörperung sei an dieser Stelle z.B. ergänzend auf die Veröffentlichung von I. Zubel, Silicon Anisotropic Etching in Alkaline Solutions II, Sensors and Actuators, A 70 (1998), S. 260 – 268 verwiesen.

Ein Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Herstellung einer Reflexions-Maßverkörperung sei nachfolgend anhand der Figuren 5a – 10 5h erläutert. Hierbei wird ein Verfahren beschrieben, welches zur Herstellung einer Reflexions-Maßverkörperung gemäß dem oben beschriebenen Ausführungsbeispiel geeignet ist und bei dem die schrägen Flächen demzufolge als V-Rillen ausgebildet werden. Eine derartige Ausführung der erfindungsgemäßen gestattet insbesondere die Realisierung sehr feiner Teilungsperioden.

In Bezug auf geeignete Verfahren zur Herstellung der erwähnten Struktur mit tiefgeätzten pyramidenförmigen Vertiefungen, die sich wiederum besonders für gröbere Teilungsperioden eignet, sei lediglich auf die oben erwähnte 20 Veröffentlichung verwiesen.

Ausgangspunkt des nachfolgend beschriebenen Verfahrens ist das in den Figuren 5a und 5b dargestellte Silizium-Substrat 2, bei dem die (011) -Richtung mit der x-Richtung und die (0-11) – Richtung mit der y-Richtung zusammenfällt. Aufgrund dieser Orientierung des Silizium-Substrates 2 ist gewährleistet, daß sich die gewünschten geraden Kanten ergeben.

In einem ersten Verfahrensschritt wird das Silizium-Substrat 2 mit einer Ätzmaske 10 versehen, die in diesem Beispiel aus einer Chrom-Beschichtung besteht. Das Silizium-Substrat 2 mit aufgebrachter Ätzmaske 10 zeigen die 30 beiden Ansichten der Figuren 5c und 5d. Die nahezu leiterförmig ausgebildete Ätzmaske 10 wird hierbei zum einen in den Teilbereichen 4b mit gewünschter hoher Reflektivität aufgebracht; zum anderen wird die Ätzmaske 10 auch in den Bereichen der geringer reflektierenden Teilbereiche 4a aufgebracht, die sich zwischen den zu erzeugenden V-Rillen befinden sowie in

seitlich begrenzenden Bereichen. In diesem Zusammenhang sei insbesondere auf die Figur 5d verwiesen, die die von der Ätzmaske 10 bedeckten Bereiche des Substrat-Materiales 2 zeigt. Unbedeckt von der Ätzmaske 10 bleiben auf dem Silizium-Substrat 2 demnach lediglich diejenigen Bereiche, 5 in denen die V-Rillen ausgebildet werden sollen. Das räumlich selektive Aufbringen der Ätzmaske 10 auf die gewünschten Bereiche des Silizium-Substrates 2 erfolgt hierbei über bekannte lithographische Verfahren.

- Alternativ zur Verwendung einer Chrom-Ätzmaske ist es möglich, in diesem 10 Verfahrensschritt selbstverständlich auch andere Materialien für Ätzmasken einzusetzen. Beispielsweise können zu diesem Zweck auch Materialien wie TiO_2 , SiO_2 , geeignete Kristallite, Styroporkügelchen etc. verwendet werden, um das Silizium-Substrat 2 geeignet zu maskieren.
- 15 Im nachfolgenden Verfahrensschritt – dargestellt in Figur 5e – werden die V-Rillen in das Silizium-Substrat 2 geätzt, wozu beispielsweise das Silizium-Substrat 2 mit der Ätzmaske 10 in eine geeignete Ätzlösung aus Kalium-hydroxyd (KOH) und Isopropanol ($\text{H}_7\text{C}_3\text{OH}$) getaucht wird. Selbstverständlich können auch andere Ätzmedien für den erforderlichen anisotropen Ätz- 20 prozess eingesetzt werden; beispielsweise könnten an dieser Stelle auch bekannte Verfahren wie reaktives Ionenätzen etc. eingesetzt werden usw.. Die gewünschten V-Rillen ergeben sich beim anisotropen Tiefätz-Prozeß aufgrund der unterschiedlichen Ätzraten im Silizium-Substrat 2 für die verschiedenen Kristallebenen-Orientierungen. So ist die Ätzrate in (100)-Richtung ca. 100 mal höher als die Ätzrate in (111)-Richtung. Der Ätzprozeß wird hierbei solange fortgesetzt, bis die dabei entstehenden schrägen Kanten bzw. Seitenflächen zusammengelaufen sind, d.h. die z.B. in Figur 4 beschriebene V-Rille vollständig ausgebildet ist. Die sich dabei letztlich ergebenden V-Rillen-Strukturen sind in der Schnittansicht der Figur 5f erkennbar. 25 30 In Figur 5g ist eine Draufsicht auf einen Teil der Maßverkörperung in diesem Prozeßstadium dargestellt.

Abschließend wird lediglich noch die Ätzmaske 10 entfernt, was etwa durch bekannte naßchemische Ätzverfahren erfolgen kann. Ein Schnitt durch die dann resultierende Struktur ist in Figur 5h gezeigt.

- 5 Der letzte Verfahrensschritt ist hierbei nicht in jedem Fall erforderlich; insbesondere dann nicht, wenn in den höher reflektierenden Teilbereichen 4b die reflektierende Ätzmaske 10 verbleiben soll. Im Fall einer Chrom-Ätzmaske kann z.B. in den Teilbereichen 4b hoher Reflektivität die Chrom-Ätzmaske verbleiben. Dies ist insbesondere dann sinnvoll, wenn ggf. eine besonders
- 10 hohe Reflektivität der Teilbereiche 4b gefordert wird. Grundsätzlich reicht jedoch der bereits oben erwähnte Reflexionsgrad der Silizium-Substrat-Oberfläche aus.

Als besonders vorteilhaft am oben beschriebenen Verfahren ist anzuführen, daß dabei praktisch keine Unterätzung der Ätzmaske resultiert und sich damit auch eine mechanisch stabile Teilungsstruktur ergibt. Des Weiteren ermöglicht dieses Verfahren die Herstellung besonders feiner Teilungsstrukturen.

- 20 Eine Rasterelektronenmikroskop-Aufnahme einer ersten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Maßverkörperung, wie sie vorab beschrieben wurde, ist in Figur 6 gezeigt. Die gering reflektierenden Teilbereiche weisen dabei die oben beschriebene V-Rillen-Struktur auf.
- 25 Figur 7 zeigt die Rasterelektronenmikroskop-Aufnahme eines Ausschnittes einer zweiten Variante der erfindungsgemäßen Maßverkörperung. Erkennbar ist in Figur 7 ein Ausschnitt eines gering-reflektierenden Teilbereiches, bei dem die tiefgeätzten schrägen Flächen wie oben angedeutet durch eine Vielzahl von unregelmäßig verteilten pyramidenförmigen Vertiefungen gebildet werden.
- 30

In der vorhergehenden Beschreibung wurden selbstverständlich nur mögliche Ausführungsbeispiele erläutert, d.h. im Rahmen der vorliegenden Erfindung sind auch noch entsprechende Abwandlungen hiervon realisierbar.

Ansprüche

=====

1. Reflexions-Maßverkörperung, bestehend aus ersten und zweiten Teilbereichen (4a, 4b) mit unterschiedlichen optischen Reflexionseigenschaften, die sich mindestens in einer ersten Richtung (x) auf einem Silizium-Substrat (2) erstrecken, wobei die geringer reflektierenden ersten Teilbereiche (4a) mehrere tiefgeätzte schräge Flächen (5.1a, 5.1b) umfassen, die derart angeordnet sind, daß keine Retroreflexion von darauf einfallenden Lichtstrahlen resultiert.
2. Reflexions-Maßverkörperung nach Anspruch 1, wobei die schrägen Flächen (5.1a, 5.1b) aus mehreren benachbarten V-Rillen (5.1 – 5.10) bestehen, die in einer zweiten Richtung angeordnet sind, die senkrecht zur ersten Richtung orientiert ist.
3. Reflexions-Maßverkörperung nach Anspruch 2, wobei die V-Rillen (5.1 – 5.10) in den ersten Teilbereichen (4.a) periodisch angeordnet sind.
4. Reflexions-Maßverkörperung nach Anspruch 2, wobei die schrägen Flächen (5.1a, 5.1b) einer V-Rille (5.1 – 5.10) jeweils in einem Winkel (α) von ca. 72° zueinander orientiert sind.
5. Reflexions-Maßverkörperung nach Anspruch 1, wobei als Silizium-Substratmaterial (2) einkristallines (100)-Silizium dient und die erste Richtung (x) der (011)-Richtung des einkristallinen (100)-Siliziums entspricht.
6. Reflexions-Maßverkörperung nach Anspruch 1, wobei die Breite (b) der ersten Teilbereiche (4.a) und die Breite (b) der zweiten Teilbereiche (4b) in der ersten Richtung (x) identisch gewählt sind.

7. Reflexions-Maßverkörperung nach Anspruch 2, wobei an den Rändern der ersten, nichtreflektierenden Bereiche (4a) jeweils ebenfalls mindestens eine V-Rille (6.1 – 6.4) angeordnet ist, die sich in der zweiten Richtung (y) nahezu über die vollständige Länge (l) der ersten Teilbereiche (4a) erstreckt.
8. Reflexions-Maßverkörperung nach Anspruch 1, wobei auf den zweiten, stärker reflektierenden Teilbereichen (4b) eine Beschichtung aus hochreflektierendem Material aufgebracht ist.
9. Reflexions-Maßverkörperung nach Anspruch 1, wobei die schrägen Flächen als pyramidenförmige Vertiefungen ausgebildet sind.
10. Verfahren zur Herstellung einer Reflexions-Maßverkörperung, die aus ersten und zweiten Teilbereichen (4a, 4b) mit unterschiedlichen optischen Reflexionseigenschaften besteht, die sich mindestens in einer ersten Richtung (x) auf einem Silizium-Substrat (2) erstrecken, wobei in den geringer reflektierenden ersten Teilbereichen (4a) mehrere schräge Flächen (5.1a, 5.1b) durch Tiefätzen erzeugt werden, die derart angeordnet sind, daß keine Retroreflexion von darauf einfallenden Lichtstrahlen resultiert.
11. Verfahren nach Anspruch 10, wobei senkrecht zur ersten Richtung (x) jeweils mehrere V-Rillen (5.1 – 5.10) in einer zweiten Richtung (y) ausgebildet werden.
12. Verfahren nach Anspruch 11, wobei zur Ausbildung der V-Rillen (5.1 – 5.10) in die Oberfläche des Silizium-Substrates (2) gezielt schräge Flächen (5.1a, 5.1b) im Bereich der ersten Teilbereiche (4a) geätzt werden.
13. Verfahren nach Anspruch 12, wobei vor dem Ätzen der schrägen Flächen (5.1a, 5.1b) mindestens die zweiten Teilbereiche (4b) auf der Silizium-Oberfläche mit einer Ätzmaske (10) abgedeckt werden.

14. Verfahren nach Anspruch 13, wobei als Material der Ätzmaske (10) Chrom verwendet wird.
15. Verfahren nach Anspruch 12, wobei als Ätzlösung Kaliumhydroxid in
5 Verbindung mit Isopropanol verwendet wird.
16. Verfahren nach Anspruch 12, wobei der Ätzprozeß solange dauert, bis jeweils die V-Rillen vollständig ausgebildet sind.
- 10 17. Verfahren nach Anspruch 13, wobei nach Beendigung des Ätzprozesses die Ätzmaske wieder entfernt wird.
18. Verfahren nach Anspruch 10, wobei in die ersten Teilbereiche mehrere pyramidenförmige Vertiefungen in das Silizium-Substrat geätzt werden.

